

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-190142

(43)公開日 平成10年(1998)7月21日

(51)Int.Cl.

識別記号

FI

H01S 3/18

H01S 3/18

H01L 33/00

H01L 33/00

C

審査請求 有 請求項の数23 OL (全 17 頁)

(21)出願番号

特願平8-343125

(22)出願日

平成8年(1996)12月24日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 木村 明隆

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72)発明者 仁道 正明

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

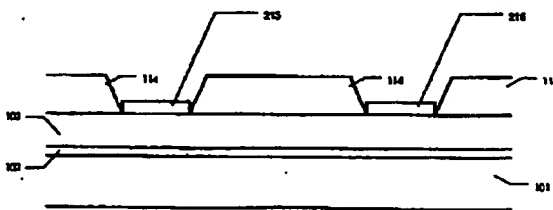
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】 選択成長法を用いた窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法及び窒化ガリウム系半導体レーザ

(57)【要約】

【課題】 選択成長法を用いて電流狭窄構造を形成することにより、ドライエッチング工程の少なく、かつ、サイズ制御性に優れた窒化ガリウム系レーザの製造方法を提供すること、および、前記製造方法により、発振しきい値電流が小さく、かつ、抵抗が小さい窒化ガリウム系レーザを提供する。

【解決手段】 基板上に、n型窒化ガリウム系半導体層を形成し、活性層を形成し、p型窒化ガリウム系半導体層を形成し、ストライプ状の開口部を持つ絶縁体膜を形成し、選択成長法によりp型窒化ガリウム系半導体層を形成する。半導体が六方晶であって、かつ、その表面が(0001)面であって、かつ、絶縁体膜のストライプ方向を半導体結晶の[1-100]方向に形成することが望ましい。



(2)

特開平10-190142

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第1導電型半導体層の表面にストライプ状の開口部を有する絶縁体膜を形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部にのみ一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2導電型半導体層または高抵抗半導体層からなる電流ブロック層を形成する工程と、

前記絶縁体膜を除去する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層を少なくとも一層形成し、前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層の間の領域を埋め込む工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項2】 基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第1導電型半導体層の表面に、成長速度が導波路方向で同程度、導波路と垂直な方向でほとんど成長しなくなる方向のストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部にのみ一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2導電型半導体層または高抵抗半導体層からなる電流ブロック層を形成する工程と、

前記絶縁体膜を除去する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層を少なくとも一層形成し、前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層の間の領域を埋め込む工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項3】 基板上に、結晶構造が六方晶で表面が

2

(0001)面または(000 $\bar{1}$)面となす角が10°以内の面である一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、
前記第1導電型半導体層の表面に半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向となす角が10°以内の方向であるストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部にのみ一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2導電型半導体層または高抵抗半導体層からなる電流ブロック層を形成する工程と、

前記絶縁体膜を除去する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層を少なくとも一層形成し、前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層に挟まれた領域を埋め込む工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を少なくとも一層の半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項4】 前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層に挟まれた領域を埋め込む工程は、前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層上に第2の絶縁体膜を形成し、前記第2の第1導電型半導体層を成長して前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層と同じ高さにし、前記第2の絶縁体膜を除去した後につづけて第2の第1導電型半導体層を成長することを特徴とする請求項1または2または3記載の窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2導電型半導体層または高抵抗半導体層からなる側面が平坦なストライプ状の電流ブロック層と、

前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層の間の領域を埋め込む一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2の第1導電型半導体層と、

前記第2の第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、

50

(3)

特開平10-190142

3

前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2の第2導電型半導体層を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項6】 基板上に形成された結晶構造が六方晶で表面が(0001)面または(0001)面となす角が 10° 以内の面である一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表された少なくとも一層の第1導電型半導体層と、

前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表され、ストライプ方向が半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向となす角が 10° 以内の方向である第2導電型半導体層または高抵抗半導体層からなる電流ブロック層と、

前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層の間の領域を埋め込む一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2の第1導電型半導体層と、

前記第2の第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、

前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2の第2導電型半導体層を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項7】 前記活性層は光導波方向と垂直な方向で屈曲し段差が形成されていることを特徴とする請求項5または6に記載の窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項8】 基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第2導電型半導体層の表面にストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部上および前記絶縁体膜上の一部まで一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項9】 基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)

4

で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第2導電型半導体層の表面に、成長速度が導波路と垂直な方向で成長方向と同程度となる方向のストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部上および前記絶縁体膜上の一部まで一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項10】 基板上に、結晶構造が六方晶でその表面が(0001)面または(0001)面となす角が 10° 以内である面の一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第2導電型半導体層の表面に、半導体結晶の[1-100]方向または[1-100]方向となす角が 10° 以内の方向となるストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部上および前記絶縁体膜上の一部まで一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項11】 基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、

前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、

前記第2導電型半導体層上に形成されたストライプ状の開口部を有する絶縁体膜と、

前記第2導電型半導体層上及び前記絶縁体膜上の一部に

50

(4)

特開平10-190142

5

形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項12】 基板上に形成された半導体層の結晶構造が六方晶であってその表面が(0001)面または(0001)面となす角が 10° 以内である面の一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、

前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、前記第2導電型半導体層上に形成された半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向となす角が 10° 以内である方向のストライプ状の開口部を有する絶縁体膜と、

前記第2導電型半導体層上及び前記絶縁体膜上の一部に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項13】 基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第2導電型半導体層の表面にストライプ状の開口部を有する絶縁体膜を形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部にのみ一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層からなる電流ブロック層を形成する工程と、

前記絶縁体膜を除去する工程と、

前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項14】 基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量

6

子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第2導電型半導体層の表面に、成長速度が導波路方向で同程度、導波路と垂直な方向でほとんど成長しなくなる方向のストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部にのみ一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層からなる電流ブロック層を形成する工程と、

前記絶縁体膜を除去する工程と、

前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を形成する工程を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項15】 基板上に、結晶構造が六方晶で表面が(0001)面または(0001)面となす角が 10°

以内の面である一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第2導電型半導体層の表面に半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向となす角が 10° 以内の方向であるストライプ状の開口部を有する絶縁体膜を形成する工程と、

前記絶縁体膜の開口部にのみ一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層を形成する工程と、

前記絶縁体膜を除去する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項16】 基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、

前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、

50

(5)

特開平10-190142

7

8

前記第2導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層からなる側面が平坦なストライプ状の電流ブロック層と、
前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項17】 基板上に形成された半導体層の結晶構造が六方晶であってその表面が(0001)面または(0001)面となす角が 10° 以内である面の一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、

前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、

前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、

前記第2導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表され、ストライプ方向が半導体結晶の $[11-20]$ 方向または $[11-20]$ 方向となす角が 10° 以内の方向である第2の第1導電型半導体層からなる電流ブロック層と、

前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項18】 基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第2導電型半導体層上にストライプ状の絶縁体膜を形成する工程と、

前記第1導電型半導体層の中途まで半導体層をエッチングする工程と、

前記エッチング開口部に、一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2導電型半導体層(又は第1導電型半導体層)と一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第1導電型半導体層(又は第2導電型半導体層)とを少なくとも含む半導体層を順次形成するか、または一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$)

で表される高抵抗半導体層とを少なくとも含む半導体層を形成する工程と、

前記絶縁体膜を除去する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項19】 基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、

前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、

前記第1導電型半導体層、活性層、第2導電型半導体層の側面に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層、第2の第2導電型半導体層からなる電流ブロック層と、

前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第3の第2導電型半導体層とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項20】 基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、

前記第2導電型半導体層上にストライプ状の絶縁体膜を形成する工程と、

前記絶縁体膜をマスクとして前記第2導電型半導体層の中途まで半導体層をエッチングする工程と、

前記エッチング開口部に、一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層を形成する工程と、

前記絶縁体膜を除去する工程と、

一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項21】 基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x$

(6)

特開平10-190142

9

+y≤1)で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、

前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、

前記第2導電型半導体層の中に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$)で表される第2の第1導電型半導体層からなる電流ブロック層と、

前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される第2の第2導電型半導体層とを有することを特徴とする窒化ガリウム系半導体レーザ。

【請求項22】 前記絶縁体膜のストライプ方向を半導体結晶の $[1-100]$ 方向または $[1-100]$ 方向となす角が 10° 以内である方向に形成することを特徴とする請求項18又は20記載の窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法。

【請求項23】 前記電流ブロック層のストライプ方向が半導体結晶の $[1-100]$ 方向または $[1-100]$ 方向となす角が 10° 以内であることを特徴とする請求項19又は21記載の窒化ガリウム系半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、窒化ガリウム系半導体レーザ（以下単に窒化ガリウム系レーザ）の製造方法に関し、特に、選択成長法を用いた窒化ガリウム系レーザの製造方法に関する。または、本発明は、窒化ガリウム系レーザに関し、特に、選択成長法を用いた窒化ガリウム系レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】窒化ガリウムは、磷化インジウムや砒化ガリウムといった従来の一般的な化合物半導体に比べ、禁制帯エネルギーが大きい。そのため、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される半導体（以下窒化ガリウム系半導体）は緑から紫外にかけての発光素子、特に半導体レーザ（以下単にレーザ）への応用が期待されている。窒化ガリウム系半導体は形成方法により六方晶と立方晶の2種類の結晶構造をとり得るが、六方晶の方がエネルギー的に安定のため、通常は六方晶となる。

【0003】従来、窒化ガリウム系レーザは、レーザに必要な全ての半導体層を平坦基板上への結晶成長により形成するという製造方法により製造されていた。

【0004】図11は、このような従来の製造方法により製造された、窒化ガリウム系レーザの概略断面図であ

10

る（S. Nakamura et al., Extended Abstracts of 1996 International Conference on Solid State Devices and Materials, Yokohama, 1996, pp. 67-69）。

【0005】図11に於いて、この窒化ガリウム系レーザは、 $(11-20)$ 面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンダーブの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25Åのアンダーブの $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ50Åのアンダーブの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型 $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ インジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4μmのp型 $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ クラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113が形成されている。

【0006】図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザの半導体層は全て（0001）面を表面とする六方晶である。図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザは、全ての半導体層が、平坦なサファイア基板201上への結晶成長により形成されている。

【0007】図12は、従来の製造方法により製造された、別の窒化ガリウム系レーザの概略断面図である

（S. Nakamura et al., Appl Phys. Lett. 69 (1996) 1477）。

【0008】図12に於いて、 $(11-20)$ 面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンダーブの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型 $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.5μmのn型 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ クラッド層605、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ30Åのアンダーブの $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 量子井戸層と厚さ60Åのアンダーブの $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$ 障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層707、

(7)

特開平10-190142

11

マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.5μmのp型Al_{0.05}Ga_{0.95}Nクラッド層710、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113、酸化珪素膜215が形成されている。

【0009】図12に示された、従来の窒化ガリウム系レーザの半導体層は全て（0001）面を表面とする六方晶である。図12に示された従来の窒化ガリウム系レーザは、全ての半導体層が、平坦なサファイア基板201上への結晶成長により形成されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザは、電流狭窄を行なっていないために、発振しきい値電流が大きいなどの問題があった。

【0011】図12に示された従来の窒化ガリウム系レーザは、ドライエッチングにより形成された、幅5μmのリッジ構造によって電流狭窄を行なっているために、図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、発振しきい値電流が小さくなっている。しかし、図12に示された従来の窒化ガリウム系レーザは、レーザ表面に形成されたp電極の接触面積が小さいために電気抵抗が大きいという問題があった。また、一般に、ドライエッチングはエッチングレートの制御性に劣る、半導体層が損傷を受けやすい、工程が複雑である、などの問題がある。

【0012】本発明の目的は、選択成長法を用いて電流狭窄構造を形成する窒化ガリウム系レーザの製造方法を提供すること、および、前記製造方法により、発振しきい値電流が小さく、かつ、抵抗が小さい窒化ガリウム系レーザを提供することである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化ガリウム系レーザの製造方法は、基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ）で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、前記第1導電型半導体層の表面にストライプ状の開口部を有する絶縁体膜を形成する工程と、前記絶縁体膜の開口部にのみ一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ ）で表される第2導電型半導体層または高抵抗半導体層からなる電流ブロック層を形成する工程と、前記絶縁体膜を除去する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ）で表される第2の第1導電型半導体層を少なくとも一層形成し、前記第2導電型半導体層または高抵抗

12

抗半導体層の間の領域を埋め込む工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ）で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ）で表される第2の第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程を有することを特徴とする。

【0014】また第1導電型半導体層の表面にストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程は、成長速度が導波路方向で同程度、導波路と垂直な方向でほとんど成長しなくなる方向であることを特徴とする。

【0015】また第1導電型半導体層は結晶構造が六方晶で表面が（0001）面または（0001）面となす角が10°以内の面であり、ストライプ状の開口部の方向は半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向となす角が10°以内の方向であることを特徴とする。

【0016】また第2導電型半導体層または高抵抗半導体層に挟まれた領域を埋め込む工程は、前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層上に第2の絶縁体膜を形成し、前記第2の第1導電型半導体層を成長して前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層と同じ高さにし、前記第2の絶縁体膜を除去した後につづけて第2の第1導電型半導体層を成長することを特徴とする。

【0017】さらに本発明の窒化ガリウム系半導体レーザは、基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ）で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ ）で表される第2導電型半導体層または高抵抗半導体層からなる側面が平坦なストライプ状の電流ブロック層と、前記第2導電型半導体層または高抵抗半導体層の間の領域を埋め込む一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ）で表される少なくとも一層の第2の第1導電型半導体層と、前記第2の第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ）で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ ）で表される少なくとも一層の第2の第2導電型半導体層を有することを特徴とする。

【0018】また第1導電型半導体層の結晶構造が六方晶で表面が（0001）面または（0001）面となす角が10°以内の面であり、第2導電型半導体層または高抵抗半導体層からなる電流ブロック層のストライプ方向が半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向となす角が10°以内の方向であることを特徴とする。また活性層は光導波方向と垂直な方向で屈曲し段差が形成されていることを特徴とする。

(8)

特開平10-190142

13

【0019】本発明の窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法は、基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、前記第2導電型半導体層の表面にストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程と、前記絶縁体膜の開口部上および前記絶縁体膜上の一部まで一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$)で表される第2の第2導電型半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする。

【0020】また第1導電型半導体層の表面にストライプ状の開口部を絶縁体膜で形成する工程は、成長速度が導波路と垂直な方向で成長方向と同程度となる方向であることを特徴とする。

【0021】また第1導電型半導体層は結晶構造が六方晶で表面が(0001)面または(000 $\bar{1}$)面となす角が 10° 以内の面であり、ストライプ状の開口部の方向は半導体結晶の[1-100]方向または[1-100]方向となす角が 10° 以内の方向であることを特徴とする。

【0022】本発明の窒化ガリウム系半導体レーザは、基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表されるバルクまたは量子井戸活性層と前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、前記第2導電型半導体層上に形成されたストライプ状の開口部を有する絶縁体膜と、前記第2導電型半導体層上及び前記絶縁体膜上の一部に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$)で表される第2の第2導電型半導体層を有することを特徴とする。

【0023】また第1導電型半導体層の結晶構造が六方晶であってその表面が(0001)面または(000 $\bar{1}$)面となす角が 10° 以内であり、ストライプ状の開口部の方向は半導体結晶の[1-100]方向または[1-100]方向となす角が 10° 以内である方向であることを特徴とする。

【0024】本発明の窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法は、基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工

14

程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、前記第2導電型半導体層の表面にストライプ状の開口部を有する絶縁体膜を形成する工程と、前記絶縁体膜の開口部にのみ一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される第2の第1導電型半導体層からなる電流ブロック層を形成する工程と、前記絶縁体膜を除去する工程と、前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$)で表される第2の第2導電型半導体層を形成する工程とを有することを特徴とする。

【0025】またストライプ状の開口部の方向は、成長速度が導波路方向と同程度、導波路と垂直な方向でほとんど成長しなくなる方向であることを特徴とする。

【0026】また第1導電型半導体層は結晶構造が六方晶で表面が(0001)面または(000 $\bar{1}$)面となす角が 10° 以内の面であり、ストライプ状の開口部の方向が半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向となす角が 10° 以内の方向であることを特徴とする。

【0027】本発明の窒化ガリウム系半導体レーザは、基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、前記第2導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表される第2の第1導電型半導体層からなる側面が平坦なストライプ状の電流ブロック層と、前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$)で表される第2の第2導電型半導体層とを有することを特徴とする。

【0028】また第1導電型半導体層の結晶構造が六方晶であってその表面が(0001)面または(000 $\bar{1}$)面となす角が 10° 以内であり、電流ブロック層のストライプ方向が半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向となす角が 10° 以内の方向であることを特徴とする。

【0029】本発明の窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法は、基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$)で表

(9)

特開平10-190142

15

される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、前記第2導電型半導体層上にストライプ状の絶縁体膜を形成する工程と、前記第1導電型半導体層の中途まで半導体層をエッチングする工程と、前記エッチング開口部に、一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2導電型半導体層（又は第1導電型半導体層）と一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第1導電型半導体層（又は第2導電型半導体層）とを少なくとも含む半導体層を順次形成するか、または一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される高抵抗半導体層とを少なくとも含む半導体層を形成する工程と、前記絶縁体膜を除去する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程とを有することを特徴とする。

【0030】本発明の窒化ガリウム系半導体レーザは、基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層、活性層、第2導電型半導体層の側面に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層、第2の第2導電型半導体層からなる電流ブロック層と、前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第3の第2導電型半導体層とを有することを特徴とする。

【0031】本発明の窒化ガリウム系半導体レーザの製造方法は、基板上に、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第1導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層を形成する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程と、前記第2導電型半導体層上にストライプ状の絶縁体膜を形成する工程と、前記絶縁体膜をマスクとして前記第2導電型半導体層の中途まで半導

16

体層をエッチングする工程と、前記エッチング開口部に、一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層を形成する工程と、前記マスクを除去する工程と、一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層を少なくとも一層形成する工程とを有することを特徴とする。

【0032】本発明の窒化ガリウム系半導体レーザは、基板上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第1導電型半導体層と、前記第1導電型半導体層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表されるバルクまたは量子井戸活性層と、前記活性層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される少なくとも一層の第2導電型半導体層と、前記第2導電型半導体層の中に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) で表される第2の第1導電型半導体層からなる電流ブロック層と、前記第2導電型半導体層上及び前記電流ブロック層上に形成された一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$) で表される第2の第2導電型半導体層とを有することを特徴とする。

【0033】また前記絶縁体膜のストライプ方向を半導体結晶の $[1-100]$ 方向または $[1-100]$ 方向となす角が 10° 以内である方向に形成することを特徴とする。

【0034】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態では、基板上の第1導電型半導体層にストライプ状の開口部を有する絶縁体膜を設け、選択成長により開口部に第2導電型半導体層を形成する。選択成長により形成された第2導電型半導体層は側面の平坦性が優れた層となる。絶縁体膜を除去した後に、さらに第1導電型半導体層、活性領域を含む複数の半導体層、第2導電型半導体層を順次成長する。最後にエッチングにより素子形成を行い各電極を設ける。

【0035】第1の実施の形態では、活性領域の下第1導電型半導体層中の第2導電型半導体層が電流ブロック層として働くため、発振しきい値電流を小さくできる。また電流ブロック層である第2導電型半導体層は選択成長により形成されているため、ドライエッチングにより形成した場合と比較して側面の平坦性に優れ、サイズの制御性が良く、かつ、工程が簡易であるという利点がある。

【0036】本発明の第2の実施の形態では、基板上に複数の第1導電型半導体層、活性領域を含む層、複数の第2導電型半導体層を順次成長する。次に第2導電型半導体層上にストライプ状の開口部を有する絶縁体膜を形成し、開口部及び絶縁体膜上の少なくとも一部を覆うよ

50

(10)

特開平10-190142

17

うに第2導電型半導体コンタクト層を成長する。最後にエッチングにより素子形成を行い各電極を設ける。

【0037】第2の実施の形態では、活性領域の上の第2導電型半導体層に絶縁体膜による電流ブロック層が形成されており、発振しきい値電流を小さくすることができる。また第2導電型半導体コンタクト層は絶縁体膜上の少なくとも一部を覆っているため、第2導電型電極との接触面積が広くなり電気抵抗を小さくできるという利点がある。

【0038】本発明の第3の実施の形態では、基板上に複数の第1導電型半導体層、活性領域を含む層、複数の第2導電型半導体層を順次成長する。次に第2導電型半導体層上にストライプ状の開口部を有する絶縁体膜を形成し、選択成長により開口部に第1導電型半導体層を形成する。選択成長により形成された第1導電型半導体層は側面の平坦性が優れた層となる。絶縁体膜を除去した後、さらに第2導電型半導体層を成長する。最後にエッチングにより素子形成を行い各電極を設ける。

【0039】第3の実施の形態では、活性領域の上の第2導電型半導体層中の第1導電型半導体層が電流ブロック層として働くため、発振しきい値電流を小さくできる。また電流ブロック層である第1導電型半導体層は選択成長により形成されているため、ドライエッチングにより形成した場合と比較して側面の平坦性に優れ、サイズの制御性が良く、かつ、工程が簡易であるという利点がある。

【0040】上記第1の実施の形態及び第3の実施の形態では開口部に台形状半導体層が成長し、第2の実施の形態では開口部のみならず絶縁体膜の一部にまで半導体層が成長するが、これは選択成長時の半導体層の面方位と開口部のストライプ方向によって定まる。

【0041】本発明の第4の実施の形態では、基板上に複数の第1導電型半導体層、活性領域を含む層、複数の第2導電型半導体層を順次成長する。次に絶縁体膜を形成しこれをマスクとして、該成長層を第1導電型半導体コンタクト層の途中までエッチングし導波路形状を作成する。さらに絶縁体膜をマスクとして凹部に第2導電型半導体層、第1導電型半導体層、第2導電型半導体層を埋め込む。第2導電型半導体コンタクト層を形成した後、エッチングにより素子形成を行い各電極を設ける。

【0042】第4の実施の形態では、活性領域の側面にpnpn電流ブロック層が形成されているため、発振しきい値電流を小さくすることができる。

【0043】本発明の第5の実施の形態では、基板上に複数の第1導電型半導体層、活性領域を含む層、複数の第2導電型半導体層を順次成長する。次に絶縁体膜を形成しこれをマスクとして、該成長層を第2導電型半導体層の途中までエッチングする。さらに絶縁体膜をマスクとして凹部に第1導電型半導体層を埋め込む。最後に第2導電型半導体コンタクト層を形成した後、エッチングに

18

より素子形成を行い各電極を設ける。

【0044】第5の実施の形態では、活性領域の上の第2導電型半導体層中の第1導電型半導体層が電流ブロック層として働くため、発振しきい値電流を小さくできる。

【0045】

【実施例】本発明の第1～第5の実施の形態の実施例について、図面を参照して詳しく説明する。

【0046】《実施例1》図1は、第1の実施の形態の製造方法を用いた窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【0047】図1に示された、本実施例1の窒化ガリウム系レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶であって、図1に於いて、本発明の窒化ガリウム系レーザは、(0001)面を表面とするサファイア基板101上に、厚さ300Åのアンダーブの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、マグネシウムが添加された厚さ0.5μmのp型窒化ガリウム電流ブロック層114、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム層115、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型Al0.07Ga0.93Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25ÅのアンダーブのIn0.2Ga0.8N量子井戸層と厚さ50ÅのアンダーブのIn0.05Ga0.95N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型Al0.2Ga0.8Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4μmのp型Al0.07Ga0.93Nクラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル(第1層)および金(第2層)からなるp電極112、チタン(第1層)およびアルミニウム(第2層)からなるn電極113が形成されている。

【0048】図1に示された本発明の窒化ガリウム系レーザの半導体結晶部分の製造工程に於いては、まず、有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板101上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102およびn型窒化ガリウムコンタクト層103を前記順序で形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103の結晶の[11-20]方向に、幅1μmのストライプ状の厚さ2000Åの酸化珪素膜215を形成した。しかる後に、有機金属化学気相成長法により、前記酸化珪素膜215をマスクとして、その開口部にのみ、選択的にp型窒化ガリウム電流ブロック層114を形成した。

【0049】図2はここまでの工程終了後の概略断面図である。次に、酸化珪素膜215をフッ酸により除去し

た後に、有機金属化学気相成長法により、残るn型窒化ガリウム層115、n型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nインジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド層110、p型窒化ガリウムコンタクト層111を前記順序で形成した。

【0050】図1に示された本発明の実施例1の窒化ガリウム系レーザは、図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、選択成長法により形成されたp型窒化ガリウム電流ブロック層114により電流狭窄を行なっているために、発振しきい値電流が小さいという効果がある。

【0051】さらに、図12に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、p電極112の接触面積が大きいためにp電極112の接触抵抗が小さい、電流狭窄構造形成のためのドライエッチングが不要である、という利点がある。

【0052】さらに、n型窒化ガリウムコンタクト層103およびp型窒化ガリウム電流ブロック層114の間に段差があるために、その上に形成された多重量子井戸活性層107が屈曲し、多重量子井戸活性層107より以前および以後に形成されたAlGa_{0.93}Nクラッド層105および110が多重量子井戸活性層107の左右にも形成され、これにより光の横モード制御が可能である、という効果もある。

【0053】また、前述の通り、(0001)面を表面とする六方晶窒化ガリウム系半導体層上に窒化ガリウムを選択成長により形成する場合、窒化ガリウムは前記六方晶窒化ガリウム系半導体層の[1-100]方向には殆ど成長しない。

【0054】よって、本発明の窒化ガリウム系レーザの製造方法では、図1に示された実施例1の窒化ガリウム系レーザの、(0001)面を表面とする六方晶n型窒化ガリウムコンタクト層103の上に、p型窒化ガリウム電流ブロック層114を、n型窒化ガリウムコンタクト層103の結晶の[11-20]方向にストライプ状に形成した酸化珪素膜をマスクとした選択成長法により形成すれば、前記酸化珪素膜上に張り出してp型窒化ガリウム電流ブロック層114が形成されることがないという利点がある。

【0055】但し、この実施例1の窒化ガリウム系レーザの場合、光導波路が半導体結晶の[11-20]方向に形成されることになるが、窒化ガリウム系半導体の(11-20)面は容易にはへき開が出来ないため、窒化ガリウム系レーザの共振器鏡面はへき開によって形成することが出来ず、他のドライエッチング等の方法により形成する必要がある。

【0056】また第1の実施の形態の実施例1は以下の

ようにも変形も可能である。

【0057】第1の実施の形態の他の実施例としては、図2に示す実施例1の工程までは同様である。酸化珪素膜215をフッ酸により除去した後に、p型窒化ガリウム電流ブロック層114上に酸化珪素膜のマスクを設け、有機金属化学気相成長法によりn型窒化ガリウム層115をp型窒化ガリウム電流ブロック層114と同じ高さまで埋め込み成長し平坦化する。その後n型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nインジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド層110、p型窒化ガリウムコンタクト層111を前記順序で形成することにより、段差のない半導体層上に活性層107を形成することができる。第1の実施の形態の他の実施例は実施例1と比較して活性層107の組成が場所により異なるという組成変調が起きることがないという利点もある。

【0058】《実施例2》図3は、第2の実施の形態の製造方法を用いた窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【0059】図3に示された、本実施例2の窒化ガリウム系レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶であって、図3に於いて、本発明の窒化ガリウム系レーザは、(11-20)面を表面とするサファイア基板201上に、厚さ300Åのアンダーブの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型In_{0.05}Ga_{0.95}Nクラッド防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25ÅのアンダーブのIn_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層と厚さ50ÅのアンダーブのIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4μmのp型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウム層214、厚さ2000Åの酸化珪素膜215、マグネシウムが添加された厚さ0.3μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル(第1層)および金(第2層)からなるp電極112、チタン(第1層)およびアルミニウム(第2層)からなるn電極113が形成されている。

【0060】図3に示された本発明の窒化ガリウム系レーザの半導体結晶部分の製造工程に於いては、まず、有

(12)

特開平10-190142

21

機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板201上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、n型In0.05Ga0.95Nクラック防止層104、n型Al0.07Ga0.93Nクラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型Al0.2Ga0.8Nインジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型Al0.07Ga0.93Nクラッド層110、p型窒化ガリウム層214を前記順序で形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の[1-100]方向に、幅5μmのストライプ状の開口部を持つ酸化珪素膜215を形成した。しかる後に、有機金属化学気相成長法により、前記酸化珪素膜215をマスクとして、その開口部にのみ、選択的にp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成した。図4はここまでの工程終了後の概略断面図である。

【0061】図3に示された本発明の実施例2の窒化ガリウム系レーザは、図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、選択成長法により形成されたp型窒化ガリウムコンタクト層111および酸化珪素膜215により電流狭窄を行なっているために、発振しきい値電流が小さいという効果がある。また、前述の通り、(0001)面を表面とする六方晶窒化ガリウム系半導体層上に窒化ガリウムを選択成長により形成する場合、窒化ガリウムは前記六方晶窒化ガリウム系半導体層の[11-20]方向には[0001]方向と同程度の成長速度を持つ。

【0062】一方、図3に示された本発明の実施例2の窒化ガリウム系レーザは、(0001)面を表面とする六方晶p型窒化ガリウム層214の上に、p型窒化ガリウムコンタクト層111を、p型窒化ガリウム層214の結晶の[1-100]方向にストライプ状の開口部を持つ酸化珪素膜をマスクとした選択成長法により形成している。よって、本発明の実施例2の窒化ガリウム系レーザは、図3に示されたように、前記酸化珪素膜上に張り出してp型窒化ガリウムコンタクト層111が形成され、p電極112の接触面積が大きく、コンタクト抵抗が小さいという効果がある。

【0063】さらに、図3に示された本発明の実施例2の窒化ガリウム系レーザは、電流狭窄構造形成のためのドライエッチングが不要である、p型窒化ガリウムコンタクト層111を選択成長法により形成する際にマスクとして用いた酸化珪素膜215により光の横モード制御が可能である、という効果もある。

【0064】図1に示された本発明の実施例1の窒化ガリウム系レーザに比べ、段差のない半導体層上に活性層107を形成しているため、活性層107の組成が場所により異なるという組成変動が起きることがないという利点もある。

22

【0065】この実施例2の窒化ガリウム系レーザの場合、光導波路が半導体結晶の[1-100]方向に形成されることになるが、窒化ガリウム系半導体の(1-100)面はへき開面であるため、窒化ガリウム系レーザの共振器鏡面をへき開によって形成することが出来るという利点もある。

【0066】《実施例3》図5は、第3の実施の形態の製造方法を用いた窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【0067】図5に示された、本実施例3の窒化ガリウム系レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶であって、図5に於いて、本発明の窒化ガリウム系レーザは、(0001)面を表面とするサファイア基板101上に、厚さ300Åのアンダーブの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型In0.05Ga0.95Nクラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型Al0.07Ga0.93Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25ÅのアンダーブのIn0.2Ga0.8N量子井戸層と厚さ50ÅのアンダーブのIn0.05Ga0.95N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型Al0.2Ga0.8Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4μmのp型Al0.07Ga0.93Nクラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウム層214、珪素が添加された厚さ0.5μmのn型窒化ガリウム電流ブロック層315、マグネシウムが添加された厚さ0.3μmのp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル(第1層)および金(第2層)からなるp電極112、チタン(第1層)およびアルミニウム(第2層)からなるn電極113が形成されている。

【0068】図5に示された本発明の窒化ガリウム系レーザの半導体結晶部分の製造工程に於いては、まず、有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板101上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、n型In0.05Ga0.95Nクラック防止層104、n型Al0.07Ga0.93Nクラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型Al0.2Ga0.8Nインジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型Al0.07Ga0.93Nクラッド層110、p型窒化ガリウム層214を前記順序で形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の[11-20]方向に幅5μmのストライプ状

(13)

23

の厚さ2000Åの酸化珪素膜215を形成した。しかる後に、有機金属化学気相成長法により、前記酸化珪素膜215をマスクとして、その開口部にのみ、選択的にn型窒化ガリウム電流ブロック層315を形成した。

【0069】図6はここまでの工程終了後の概略断面図である。次に、酸化珪素膜215をフッ酸により除去した後に、有機金属化学気相成長法により、残るp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成した。

【0070】図5に示された本発明の実施例3の窒化ガリウム系レーザは、図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、選択成長法により形成されたn型窒化ガリウム電流ブロック層315により電流狭窄を行なっているために、発振しきい値電流が小さいという効果がある。

【0071】さらに、図12に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、p電極112の接触面積が大きいためにp電極112の接触抵抗が小さい、電流狭窄構造形成のためのドライエッチングが不要である、という効果もある。

【0072】図1に示された本発明の実施例1の窒化ガリウム系レーザに比べ、段差のない半導体層上に活性層107を形成しているため、活性層107の組成が場所により異なるという組成変動が起きることがないという利点もある。

【0073】また、前述の通り、(0001)面を表面とする六方晶窒化ガリウム系半導体層上に窒化ガリウムを選択成長により形成する場合、窒化ガリウムは前記六方晶窒化ガリウム系半導体層の[1-100]方向には殆ど成長しない。よって、本発明の窒化ガリウム系レーザの製造方法では、図5に示された実施例3の窒化ガリウム系レーザの、(0001)面を表面とする六方晶p型窒化ガリウム層214の上に、n型窒化ガリウム電流ブロック層315を、p型窒化ガリウム層214の結晶の[11-20]方向にストライプ状に形成した酸化珪素膜をマスクとした選択成長法により形成すれば、前記酸化珪素膜上に張り出してn型窒化ガリウム電流ブロック層315が形成されることがないという利点がある。

【0074】但し、この実施例3の窒化ガリウム系レーザの場合、光導波路が半導体結晶の[11-20]方向に形成されることになるが、窒化ガリウム系半導体の(11-20)面はへき開面ではないため、窒化ガリウム系レーザの共振器鏡面はへき開によって形成することが出来ず、他のドライエッチング等の方法により形成する必要がある。

【0075】(0001)面を表面とする六方晶窒化ガリウム系半導体層上に選択成長法により窒化ガリウムを形成する場合、窒化ガリウムは、前記六方晶窒化ガリウム系半導体層の、[1-100]方向には殆ど成長しないが、[11-20]方向には[0001]方向と同程度の成長速度を持つ。前記実施例1ないし実施例3で

特開平10-190142

24

は、窒化ガリウム系半導体のこの特性を利用している。

【0076】上記実施例1または実施例3の窒化ガリウム系レーザに於いては、いずれも、光導波路が半導体結晶の[11-20]方向に形成されているが、光導波路は半導体結晶の[11-20]方向または[11-20]方向と10°以内の角をなす方向に形成されていれば、本発明の実施に支障はない。

【0077】さらに、光導波路を半導体結晶の[11-20]方向と10°以上の角をなす方向に形成した場合に於いても、選択成長法により形成される半導体層の[11-20]方向への成長を抑制すれば、本発明の実施に支障はない。この場合、絶縁体膜の厚さを形成すべき電流ブロック層と同程度の厚さとする。

【0078】また、上記実施例2の窒化ガリウム系レーザに於いては、光導波路が半導体結晶の[1-100]方向に形成されているが、光導波路は半導体結晶の[1-100]方向または[1-100]方向と10°以内の角をなす方向に形成されていれば、本発明の実施に支障はない。

【0079】さらに、光導波路を半導体結晶の[1-100]方向と10°以上の角をなす方向に形成した場合に於いても、p電極112の接触面積が減ること以外には、本発明の実施に支障はない。

【0080】《実施例4》図7は、第4の実施の形態の製造方法を用いた窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【0081】図7に示された、本実施例4の窒化ガリウム系レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶であって、図7に於いて、本発明の窒化ガリウム系レーザは、(0001)面を表面とするサファイア基板101上に、厚さ300Åのアンドープの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3μmのn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型In_{0.05}Ga_{0.95}Nクラック防止層104、珪素が添加された厚さ0.4μmのn型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1μmのn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25ÅのアンドープのIn_{0.2}Ga_{0.8}N量子井戸層と厚さ50ÅのアンドープのIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1μmのp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4μmのp型Al_{0.07}Ga_{0.93}Nクラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2μmのp型窒化ガリウム層214、珪素が添加された厚さ0.5μmのn型電流ブロック層315、マグネシウムが添加された厚さ0.5μmのp型電流ブロック層114、珪素が添加された厚

(14)

25

さ0.5 μm のn型電流ブロック層315、マグネシウムが添加された厚さ0.2 μm のp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113が形成されている。

【0082】図7に示された本発明の窒化ガリウム系レーザの半導体結晶部分の製造工程に於いては、まず、有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板101上に、窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、p型窒化ガリウム電流ブロック層114、n型窒化ガリウム層115、n型Al0.07Ga0.93Nクラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型Al0.2Ga0.8Nインジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型Al0.07Ga0.93Nクラッド層110、p型窒化ガリウム層214を前記順序で形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の[11-20]方向に幅1 μm のストライプ状の酸化珪素膜215を形成し、前記酸化珪素膜215をマスクとして、反応性イオンビームエッチング法により、n型窒化ガリウムコンタクト層103の中途まで半導体層をエッチングした。しかる後に、有機金属化学気相成長法により、前記酸化珪素膜215をマスクとして、その開口部にのみ、選択的にn型電流ブロック層315、p型電流ブロック層114、n型電流ブロック層315を前記順序で形成した。

【0083】図8はここまでの工程終了後の概略断面図である。次に、酸化珪素膜215をフッ酸により除去した後、有機金属化学気相成長法により、残るp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成した。

【0084】図7に示された本発明の実施例4の窒化ガリウム系レーザは、図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、選択成長法により形成されたn型窒化ガリウム電流ブロック層315およびp型窒化ガリウム電流ブロック層114により電流狭窄を行なっているために、発振しきい値電流が小さいという効果がある。

【0085】さらに、図12に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、p電極112の接触面積が大きいためにp電極112の接触抵抗が小さい、という効果もある。図1に示された本発明の実施例1の窒化ガリウム系レーザに比べ、段差のない半導体層上に活性層107を形成しているため、活性層107の組成が場所により異なるという組成変動が起きることがないという利点もある。

【0086】この実施例4の窒化ガリウム系レーザの場合、光導波路が半導体結晶の[1-100]方向に形成されているが、窒化ガリウム系半導体の(1-100)面はへき開面であるため、レーザの共振器鏡面をへき開

特開平10-190142

26

によって形成することが出来るという利点もある。

【0087】《実施例5》図9は、第5の実施の形態の製造方法を用いた窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【0088】図9に示された、本実施例5の窒化ガリウム系レーザの半導体層は全て(0001)面を表面とする六方晶であって、図9に於いて、本発明の窒化ガリウム系レーザは、(0001)面を表面とするサファイア基板101上に、厚さ300Åのアンダーブの窒化ガリウム低温成長バッファ層102、珪素が添加された厚さ3 μm のn型窒化ガリウムコンタクト層103、珪素が添加された厚さ0.1 μm のn型In0.05Ga0.95Nクラッド防止層104、珪素が添加された厚さ0.4 μm のn型Al0.07Ga0.93Nクラッド層105、珪素が添加された厚さ0.1 μm のn型窒化ガリウム光ガイド層106、厚さ25ÅのアンダーブのIn0.2Ga0.8N量子井戸層と厚さ50ÅのアンダーブのIn0.05Ga0.95N障壁層からなる7周期の多重量子井戸構造活性層107、マグネシウムが添加された厚さ200Åのp型Al0.2Ga0.8Nインジウム解離防止層108、マグネシウムが添加された厚さ0.1 μm のp型窒化ガリウム光ガイド層109、マグネシウムが添加された厚さ0.4 μm のp型Al0.07Ga0.93Nクラッド層110、マグネシウムが添加された厚さ0.2 μm のp型窒化ガリウム層214、珪素が添加された厚さ0.5 μm のn型窒化ガリウム電流ブロック層315、マグネシウムが添加された厚さ0.3 μm のp型窒化ガリウムコンタクト層111、ニッケル（第1層）および金（第2層）からなるp電極112、チタン（第1層）およびアルミニウム（第2層）からなるn電極113が形成されている。

【0089】図9に示された本発明の窒化ガリウム系レーザの半導体結晶部分の製造工程に於いては、まず、有機金属化学気相成長法により、平坦なサファイア基板101上に窒化ガリウム低温成長バッファ層102、n型窒化ガリウムコンタクト層103、n型In0.05Ga0.95Nクラッド防止層104、n型Al0.07Ga0.93Nクラッド層105、n型窒化ガリウム光ガイド層106、多重量子井戸構造活性層107、p型Al0.2Ga0.8Nインジウム解離防止層108、p型窒化ガリウム光ガイド層109、p型Al0.07Ga0.93Nクラッド層110、p型窒化ガリウム層214を前記順序で形成した後に、n型窒化ガリウムコンタクト層103ないしp型窒化ガリウム層214の結晶の[11-20]方向に幅1 μm のストライプ状の酸化珪素膜215を形成し、前記酸化珪素膜215をマスクとして、反応性イオンビームエッチング法により、p型窒化ガリウム層214の中途まで半導体層をエッチングした。しかる後に、有機金属化学気相成長法により、前記酸化珪素膜215をマスクとして、その開口部

(15)

特開平10-190142

27

にのみ、選択的にn型電流ブロック層315を形成した。図10はここまでの工程終了後の概略断面図である。次に、酸化珪素膜215をフッ酸により除去した後、有機金属化学気相成長法により、残るp型窒化ガリウムコンタクト層111を形成した。

【0090】図9に示された本発明の実施例5の窒化ガリウム系レーザは、図11に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、選択成長法により形成されたn型窒化ガリウム電流ブロック層315により電流狭窄を行なっているために、発振しきい値電流が小さいという効果がある。

【0091】さらに、図12に示された従来の窒化ガリウム系レーザに比べ、p電極112の接触面積が大きいためにp電極112の接触抵抗が小さい、という効果もある。図1に示された本発明の実施例1の窒化ガリウム系レーザに比べ、段差のない半導体層上に活性層107を形成しているため、活性層107の組成が場所により異なるという組成変動が起きることがないという利点もある。

【0092】さらに、図7に示された本発明の実施例4の窒化ガリウム系レーザに比べ、活性層107をドライエッチングしていないことから、活性層107に対するドライエッチングによる損傷がないという利点もある。

【0093】この実施例5の窒化ガリウム系レーザの場合、光導波路が半導体結晶の[1-100]方向に形成されているが、窒化ガリウム系半導体の(1-100)面はへき開面であるため、レーザの共振器鏡面をへき開によって形成することが出来るという利点もある。

【0094】また、上記実施例4または実施例5に記載の窒化ガリウム系レーザは、光導波路が半導体結晶の[1-100]方向に形成されているが、光導波路は半導体結晶の[1-100]方向または[1-100]方向と10°以内の角をなす方向に形成されていれば、本発明の実施に支障はない。

【0095】さらに、光導波路を半導体結晶の[1-100]方向と10°以上の角をなす方向に形成した場合に於いても、レーザの共振器鏡面をドライエッチングなどのへき開以外の方法で形成すれば、本発明の実施に支障はない。

【0096】また、上記実施例1および実施例3および実施例4および実施例5に記載の窒化ガリウム系レーザは、いずれも(0001)面を表面とするサファイア基板上に形成されているが、(11-20)面を表面とするサファイア基板上に形成しても、本発明の実施に支障はない。

【0097】同様に、上記実施例2の窒化ガリウム系レーザは、(11-20)面を表面とするサファイア基板上に形成されているが、(0001)面を表面とするサファイア基板上に形成しても、本発明の実施に支障はない。

28

【0098】さらに、上記実施例1ないし実施例5に記載の窒化ガリウム系レーザは、(0001)面または(11-20)面を表面とするサファイア基板上に形成しなくとも、例えば炭化珪素基板あるいはMgAl₂O₄基板あるいは窒化ガリウム基板あるいは(0001)面および(11-20)面以外の面を表面とするサファイア基板といった他の基板上に形成した場合も、本発明の実施に支障はない。

【0099】また、本発明の実施は上記実施例1ないし実施例5に示された構造の窒化ガリウム系レーザに限られるものではなく、各層の層厚や各層の組成や各層のドーピング濃度や電極材料やマスク材料やドライエッチング深さやストライプ幅の様々な組み合わせの窒化ガリウム系レーザに於いて支障はない。

【0100】また、上記実施例1ないし実施例5の窒化ガリウム系レーザに於いては、いずれも、半導体層の表面は(0001)面であるが、半導体層の表面は(0001)面または(0001)面とのなす角が10°以内である面であれば、本発明の実施に支障はない。

【0101】

【発明の効果】本発明によれば、選択成長法を用いて電流狭窄構造を形成することにより、ドライエッチング工程が少なく、かつ、リッジの高さなどのサイズの制御性に優れた窒化ガリウム系レーザの製造方法を提供することができ、これにより製造された窒化ガリウム系半導体レーザは発振しきい値が小さく、かつ電流抵抗を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【図2】本発明の実施例1の窒化ガリウム系レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

【図3】本発明の実施例2の窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【図4】本発明の実施例2の窒化ガリウム系レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

【図5】本発明の実施例3の窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【図6】本発明の実施例3の窒化ガリウム系レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

【図7】本発明の実施例4の窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【図8】本発明の実施例4の窒化ガリウム系レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

【図9】本発明の実施例5の窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

【図10】本発明の実施例5の窒化ガリウム系レーザの製造工程の中途を示す概略断面図である。

【図11】従来の製造方法を用いて製造された、従来の窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

(16)

特開平10-190142

29

30

【図12】従来の製造方法を用いて製造された、別の従来の窒化ガリウム系レーザの概略断面図である。

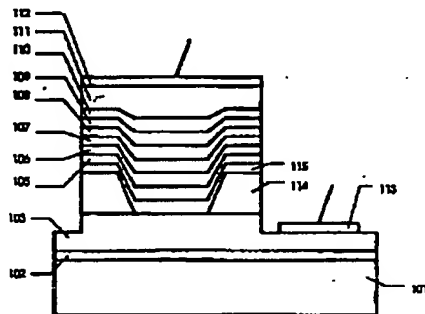
【符号の説明】

- 101 (0001)面を表面とするサファイア基板
 102 窒化ガリウム低温成長バッファ層
 103 n型窒化ガリウムコンタクト層
 104 n型In0.05Ga0.95Nクラック防止層
 105 n型Al0.07Ga0.93Nクラッド層
 106 n型窒化ガリウム光ガイド層
 107 多重量子井戸構造活性層
 108 p型Al0.2Ga0.8Nインジウム解離防止層
 109 p型窒化ガリウム光ガイド層

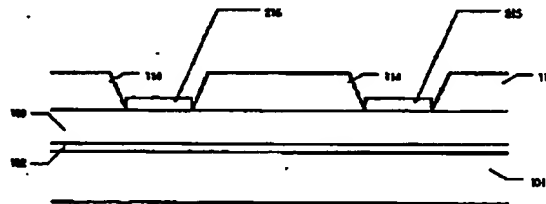
- * 110 p型Al0.07Ga0.93Nクラッド層
 111 p型窒化ガリウムコンタクト層
 112 ニッケルおよび金からなるp電極
 113 チタンおよびアルミニウムからなるn電極
 114 p型窒化ガリウム電流ブロック層
 115 n型窒化ガリウム層
 201 (11-20)面を表面とするサファイア基板
 214 p型窒化ガリウム層
 215 酸化珪素膜
 10 315 n型窒化ガリウム電流ブロック層
 605 n型Al0.05Ga0.95Nクラッド層
 707 多重量子井戸構造活性層
 710 p型Al0.05Ga0.95Nクラッド層

*

【図1】

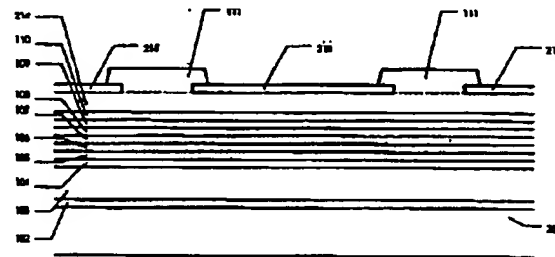
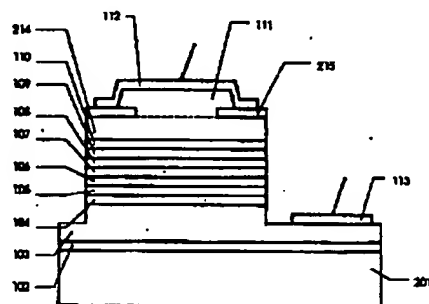


【図2】

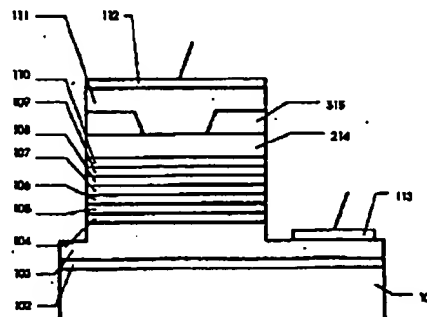


【図4】

【図3】

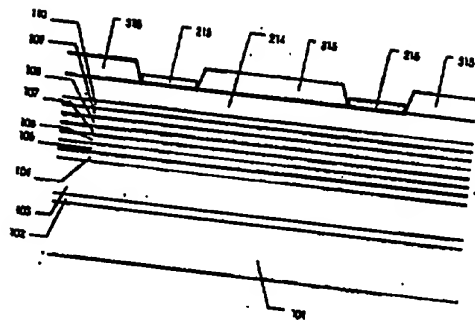


【図5】

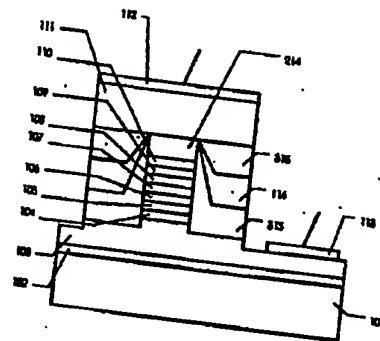


(17)

【図6】



【図7】



【図8】

